

**Ultrasonic transmitter, in particular for air-bubble detection****Publication number:** EP0899564**Publication date:** 1999-03-03**Inventor:** MEISBERGER ARTUR (DE)**Applicant:** FRESENIUS AG (DE)**Classification:**

**- International:** G01N29/02; A61M5/36; G01N29/00; G01N29/036;  
A61M5/36; G01N29/00; G01N29/02; (IPC1-7):  
G01N29/02; A61M5/36; G01N29/12

**- European:** A61M5/36B; G01N29/036

**Application number:** EP19980116031 19980825**Priority number(s):** DE19971038146 19970901**Also published as:**

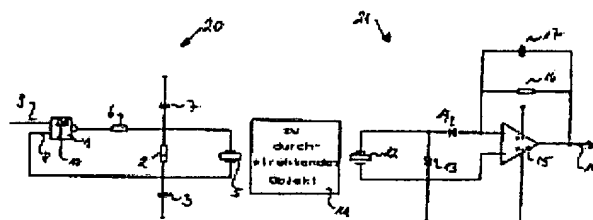
US6212936 (B1)<sup>3</sup>  
JP11133002 (A)  
EP0899564 (A3)  
DE19738146 (A1)

**Cited documents:**

EP0496436  
US4015464  
EP0643301  
US4736192

**Report a data error here****Abstract of EP0899564**

The transmitter has a transmission stage (20) and an ultrasonic oscillator (5). The transmission stage has a multivibrator consisting of a flip-flop with two stable output states and a timer element in its feedback path. The ultrasonic oscillator is connected to the feedback path so that the transmission stage oscillates at or near the resonant frequency of the oscillator, whilst the multivibrator oscillates at its own natural frequency if the ultrasonic oscillator is clamped. An independent claim is also given for an air bubble detector containing the ultrasonic transmitter.

*Fig. 1*

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **G01N 29/02**, A61M 5/36,  
G01N 29/12

(21) Anmeldenummer: 98116031.0

(22) Anmeldetag: 25.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Meisberger, Artur  
66606 St. Wendel (DE)

(74) Vertreter:  
Gossel, Hans K., Dipl.-Ing. et al  
Lorenz-Seidler-Gossel  
Widenmayerstrasse 23  
80538 München (DE)

(30) Priorität: 01.09.1997 DE 19738146

(71) Anmelder: Fresenius AG  
61350 Bad Homburg (DE)

(54) **Ultraschallsender, insbesondere für einen Luftblasendetektor**

(57) Die Erfindung betrifft einen Ultraschallsender, insbesondere für einen Luftblasendetektor, mit einer Sendestufe und mit einem Ultraschallschwinger. Um einen Ultraschallsender zu schaffen, der einfach aufgebaut ist und gleichzeitig ein starkes Ausgangssignal erzeugt, ist in der Sendestufe ein Multivibrator mit einer zwei stabile Ausgangszustände aufweisenden Kippschaltung und einem im Rückkopplungszweig der Kipp-

schaltung verschalteten Zeitglied vorgesehen. Ein Ultraschallschwinger ist mit dem Rückkopplungszweig der Kippschaltung derart verschaltet, daß die elektrische Schaltung auf oder in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers schwingt, während bei abgeklammtem Ultraschallschwinger der Multivibrator selbsttätig auf seiner Eigenfrequenz schwingt.

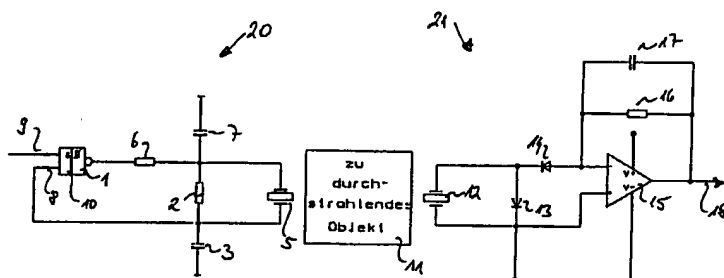


Fig. 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ultraschallsender, insbesondere für einen Luftblasendetektor, mit einer Sendestufe und mit einem Ultraschallschwinger. Der Ultraschallschwinger besteht üblicherweise aus einem Piezo-Element, das auf einer seiner Resonanzfrequenzen betrieben wird. Hierbei stellt sich das Problem, eine Sendestufe bereitzustellen, die den Ultraschallschwinger auf eben dieser Resonanzfrequenz anregt, damit am Ultraschallschwinger ein möglichst starkes Ausgangssignal erzeugt wird.

[0002] Wird der Ultraschallsender in einem Luftblasendetektor eingesetzt, so sind an den Ultraschallsender auch besondere Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit zu stellen. Bei einem Luftblasendetektor befindet sich zwischen dem Ultraschallsender und einem entsprechend angeordneten Ultraschallempfänger ein Schlauch, der auf Luftblasen überwacht werden soll. Bei der Verabreichung von Infusionen oder bei der Durchführung von Transfusionen muß ein Lufteintritt in die hierbei verwendeten Schläuche unbedingt erkannt werden, da für den Patienten ansonsten lebensbedrohliche Situationen entstehen können. Zur Erkennung der Luftblasen wird dabei die Tatsache ausgenutzt, daß sich die Dämpfung der Ultraschallstrecke verändert, sobald eine Luftblase in den zwischen dem Ultraschallsender und dem Ultraschallempfänger befindlichen Schlauch eintritt.

[0003] Aus der US 5 583 280 ist ein Luftblasendetektor mit einer Sendestufe bekannt, die einen Frequenzgenerator umfaßt, der innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches linear durchgestimmt wird, wobei eine Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers ebenfalls in diesem Frequenzbereich liegt. Sobald der durchstimmende Frequenzgenerator die Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers trifft, findet eine Anregung des Ultraschallschwingers statt und die Durchstimmung des Frequenzgenerators kann von neuem beginnen.

[0004] Aus der EP 0 416 911 A2 ist ebenfalls ein Luftblasendetektor mit einer Sendestufe bekannt, die einen variablen Frequenzgenerator aufweist, wobei zusätzlich eine Testschaltung zum Erkennen von Fehlfunktionen vorgesehen ist.

[0005] Aus der EP 0 340 470 A1 ist ein Flüssigkeitszerstäuber mit einem Ultraschallschwinger bekannt, wobei zur Anregung des Ultraschallschwingers ein spannungsgesteuerter Oszillator vorgesehen ist. Dieser wird mit einem Dreiecksgenerator so geregelt, daß seine Frequenz in einem die Serienresonanz des Ultraschallschwingers umschließenden Bereich periodisch gewobelt wird. Mit Hilfe einer überlagerten Regelschleife läßt sich erreichen, daß der spannungsgesteuerte Oszillator auf der Serien-Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers einrastet.

[0006] Aus der EP 0 084 485 A2 ist ebenfalls ein Flüssigkeitszerstäuber mit einem Ultraschallschwinger

bekannt. Zur Anregung des Ultraschallschwingers sind ein Multivibrator und ein Impuls-Generator derart verschaltet, daß der Impulsgenerator im Takt der Eigenfrequenz des Multivibrators Impulse an den Ultraschallschwinger abgibt. Der Impuls wirkt auf den Ultraschallschwinger als eine Systemanregung, so daß der Ultraschallschwinger auf den Impuls mit einer gedämpften Resonanzschwingung reagiert. Beim Impulsbetrieb besteht allerdings grundsätzlich der Nachteil, daß immer ein Impulsgenerator mit einem entsprechenden Energiespeicher zur Bereitstellung der Impulsenergie benötigt wird, was einen verhältnismäßig hohen Schaltungsaufwand zur Folge hat.

[0007] Weiterhin ist aus der US 5,583,280 ein Flüssigkeitsstandanzeiger nach dem Ultraschallprinzip bekannt, wobei zur Anregung des Ultraschallschwingers ein rückgekoppeltes Bandpaßfilter verwendet wird, das ähnlich wie bei einer PLL-Schaltung auf die Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers einrastet.

[0008] Ein Nachteil der aus dem Stand der Technik bekannten Ultraschallsender besteht darin, daß die Sendestufen einen verhältnismäßig hohen Schaltungsaufwand aufweisen.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Ultraschallsender zu schaffen, dessen Sendestufe zur Anregung des sendeseitigen Ultraschallschwingers einfach aufgebaut ist und gleichzeitig ein starkes Ausgangssignal am Ultraschallschwinger erzeugt.

[0010] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, daß die Sendestufe einen Multivibrator aufweist, der in an sich bekannter Weise aus einer Kippschaltung und einem im Rückkopplungsweig der Kippschaltung verschalteten Zeitglied besteht. In dieser Form schwingt der Multivibrator bereits selbsttätig auf seiner Eigenfrequenz an, die im wesentlichen durch das Zeitglied beeinflußt ist. Erfindungsgemäß wird der Ultraschallschwinger mit dem Rückkopplungsweig der Kippschaltung derart verschaltet, daß die Sendestufe auf oder in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers schwingt. Im Gegensatz zu bekannten Anregerschaltungen arbeitet der Ultraschallschwinger damit selbst als frequenzbestimmendes Bauteil für eine kontinuierlich erzeugte Sendefrequenz. Dies spart erheblichen Schaltungsaufwand, gleichzeitig erhält man dadurch eine besonders unempfindliche Anordnung gegenüber elektromagnetischen Störungen, wodurch wiederum die Zuverlässigkeit erhöht wird. Der erfindungsgemäße Ultraschallsender generiert zudem ein sehr starkes Ausgangssignal, das wiederum eine einfach aufzubauende Empfängerschaltung ermöglicht.

[0012] Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß das Zeitglied des Multivibrators aus mindestens einem RC-Glied besteht und daß der Ultraschallschwinger parallel zum Widerstand eines RC-Gliedes geschaltet ist. Auf diese Weise ist ein sicheres Anschwingen der Schaltung gewährleistet, da der Mul-

tivibrator zunächst sicher auf seiner Eigenfrequenz anschwingt und sodann aufgrund der sprunghaften Pegeländerungen am Ausgang der Kippschaltung den Ultraschallschwinger auf einer Resonanzfrequenz anregt.

[0013] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist am Ausgang der Kippschaltung ein Tiefpaß vorgesehen, um ein Anschwingen des Ultraschallschwingers auf dessen Oberschwingungen zu unterdrücken. Ein definiertes Anschwingen kann zusätzlich auch dadurch erreicht werden, daß die Sendestufe unterhalb der entsprechenden Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers schwingt.

[0014] Zweckmäßigerweise wird der Ultraschallschwinger auf seiner untersten Serien-Resonanzfrequenz betrieben. Handelt es sich bei dem Ultraschallschwinger beispielsweise um eine Piezo-Element, so ist die Serien-Resonanzfrequenz von äußeren Einflüssen weitgehend unabhängig, während in die Parallelresonanzfrequenz die schlecht definierte Elektrodenkapazität des Piezo-Elements eingeht.

[0015] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Sendestufe logisch mit einem Testeingang verschaltet ist, um den Ultraschallsender zu Testzwecken gezielt zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Zweckmäßigerweise ist dabei der Testeingang mit einem Und-Gatter mit dem Eingang der Kippschaltung verschaltet. Auf diese Weise kann der Ultraschallsender für sicherheitstechnische Anwendungen gezielt getestet werden.

[0016] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Kippschaltung ein Schmitt-Trigger ist. Ein herkömmlicher Schmitt-Trigger ist als integriertes Bauelement leicht verfügbar und wird durch ein Zeitglied im Rückkopplungszweig kaum belastet, so daß sich für die Wahl der Bauelemente des Zeitgliedes ein großer Spielraum ergibt.

[0017] Ein Luftblasendetektor, für den selbständiger Schutz beansprucht wird, besteht aus dem erfindungsgemäßen Ultraschallsender, aus einem Ultraschallempfänger und einem zwischen Ultraschallsender und Ultraschallempfänger eingebrachten Schlauch.

[0018] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand mehrerer in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert. In dieser zeigt:

- Fig. 1 eine elektrische Schaltung eines Luftblasendetektors mit dem erfindungsgemäßen Ultraschallsender,  
 Fig. 2 einen bekannten Multivibrator,  
 Fig. 3 die Verschaltung eines Ultraschallschwingers mit dem Rückkopplungszweig des Multivibrators gemäß Fig. 2 und  
 Fig. 4 den schematischen Aufbau des Luftblasendetektors.

[0019] Bevor auf die Funktion des Ultraschallsenders gemäß Fig. 1 eingegangen wird, wird das Funktions-

prinzip anhand der Fig. 2 und 3 erläutert. Fig. 2 zeigt zunächst den Aufbau eines bekannten Multivibrators. Der Multivibrator 22 weist als Kippschaltung einen Schmitt-Trigger 1 auf, der in seinem Rückkopplungszweig mit dem Widerstand 2 und dem Kondensator 3 verschaltet ist. Der Multivibrator schwingt selbsttätig auf seiner Eigenfrequenz, wobei der Kondensator 3 über den Widerstand 2 bis zum Ausschaltpegel des Schmitt-Triggers aufgeladen und anschließend wieder bis zum Einschaltpegel entladen wird. Der Schmitt-Trigger 1 weist an seinem Ausgang zwei stabile Zustände auf, so daß am Ausgang 4 ein periodisches Rechtecksignal entsteht.

[0020] Fig. 3 zeigt die Verschaltung eines Ultraschallschwingers mit dem Rückkopplungszweig des Multivibrators gemäß Fig. 2. Der Ultraschallschwinger besteht dabei aus einem Piezo-Element 5, wobei das Piezo-Element 5 parallel zu dem Widerstand 2 geschaltet ist. Nach dem Einschalten wird die Schaltung zunächst auf der Eigenfrequenz des Multivibrators anschwingen. Aufgrund der Rechtecksignale am Ausgang wird allerdings das Piezo-Element 5 ebenfalls durch Rechtecksignale angeregt, wodurch am Eingang des Schmitt-Triggers 1 ein periodisches Signal mit der Resonanzfrequenz des Piezo-Elements 5 entsteht. Hierdurch wiederum werden auch am Ausgang 4 Rechtecksignale mit der Frequenz der Resonanzfrequenz des Piezo-Elements 5 erzeugt, so daß die Schaltung schließlich auf der Resonanzfrequenz des Piezo-Elements schwingt.

[0021] Fig. 1 zeigt eine elektrische Schaltung eines Luftblasendetektors mit dem erfindungsgemäßen Ultraschallsender. Der Luftblasendetektor besteht aus einem Ultraschallsender 20, einem Ultraschallempfänger 21 und einem dazwischen eingebrachten medizinischen Schlauch 11, bei dem Luftblasen sicher detektiert werden sollen. Der Ultraschallsender 20 unterscheidet sich gegenüber der Schaltung gemäß Fig. 3 dadurch, daß am Ausgang des Schmitt-Triggers 1 zusätzlich ein Tiefpaß 6, 7 vorgesehen ist und daß der Eingang des Schmitt-Triggers mit einem Testeingang 9 logisch verschaltet ist. Der Tiefpaß besteht aus dem Widerstand 6 und dem Kondensator 7 und bewirkt, daß der Ultraschallschwinger zum einen sicher auf seiner untersten Resonanzfrequenz anschwingt und daß zum anderen die Spannung am Ultraschallschwinger 5 annähernd sinusförmig ist. Die Verschaltung des Testeingangs 9 mit dem Rückkopplungszweig 8 erfolgt durch ein Und-Gatter 10. Hierdurch kann der Schmitt-Trigger 1 zu Testzwecken sicher aktiviert oder deaktiviert werden. Auf der gegenüberliegenden Seite des medizinischen Schlauches 11 befindet sich ein Ultraschallempfänger 21, der ein baugleiches Piezo-Element 12 aufweist. Die Spannung am Piezo-Element 12 wird durch die Dioden 13, 14 gleichgerichtet und über den Operationsverstärker 15 über den Widerstand 16 und den Kondensator 17 geglättet, so daß am Ausgang 18 das entsprechende Höllkurvensignal anliegt. Gelangt eine Luftblase in den medizinischen Schlauch 11, so verändert sich gegen-

über dem mit Flüssigkeit gefüllten Schlauch die Dämpfung in der Ultraschallstrecke zwischen Ultraschallsender 20 und Ultraschallempfänger 21. Hierdurch wiederum verändert sich das Hüllkurvensignal am Ausgang 18, wodurch eine Detektion von Luftblasen innerhalb des Schlauches 11 möglich ist.

[0022] Fig. 4 zeigt den schematischen Aufbau des Luftblasendetektors gemäß Fig. 1 mit einem Ultraschallsender 20 und einem Ultraschallempfänger 21. Die Ultraschallschwinger 5, 12 bestehen im wesentlichen aus einer Piezoscheibe mit zwei Anschlüssen. Diese sind an dem zu überwachenden Schlauch 11 gegenüberliegend angeordnet, so daß der Schall vom sendeseitigen Ultraschallschwinger 5 zum empfangsseitigen Ultraschallschwinger 12 gelangen kann. Wegen der nötigen Anpassung an die akustische Impedanz des medizinischen Schlauches sind die Piezoscheiben mit einem für diesen Zweck geeigneten Koppelmedium an den medizinischen Schlauch angekoppelt. Aus diesem Grund und zum Schutz vor Beschädigung sind die Ultraschallschwinger in ein Gehäuse eingegossen, das gleichzeitig das entsprechende Lager für den zu überwachenden Schlauch bildet. Der sendeseitige Ultraschallschwinger 5 wird von der Sendestufe 23 derart angesteuert, daß der Ultraschallschwinger 5 auf seiner untersten Resonanzfrequenz schwingt. Der empfangsseitige Ultraschallschwinger 12 ist gleich aufgebaut wie der sendeseitige Ultraschallschwinger, so daß dessen größte Empfindlichkeit auf die Sendefrequenz des Ultraschallsenders 20 fällt. Auf diese Weise erhält man ein größtmögliches Ausgangssignal 18 am Ultraschallempfänger 21, das einfach auszuwerten ist.

#### Patentansprüche

1. Ultraschallsender (20), insbesondere für einen Luftblasendetektor, mit einer Sendestufe (23) und mit einem Ultraschallschwinger (5),  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Sendestufe (23) einen Multivibrator (22) aufweist, der aus einer zwei stabile Ausgangszustände aufweisenden Kippschaltung (1) und einem im Rückkopplungsweig der Kippschaltung verschalteten Zeitglied (2, 3) besteht, und

daß der Ultraschallschwinger (5) mit dem Rückkopplungsweig der Kippschaltung derart verschaltet ist, daß die Sendestufe (23) auf oder in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers schwingt, während bei abgeklemmten Ultraschallschwinger der Multivibrator (22) selbsttätig auf seiner Eigenfrequenz schwingt.

2. Ultraschallsender nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß das Zeitglied des Multivibrators aus mindestens aus einem RC-Glied (2, 3) besteht.

3. Ultraschallsender nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallschwinger (5) parallel zum Widerstand (2) des RC-Gliedes geschaltet ist.

4. Ultraschallsender nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausgang der Kippschaltung ein Tiefpaß (6, 7) vorgesehen ist, um ein Anschwingen des Ultraschallschwingers (5) auf dessen Oberschwingungen zu unterdrücken.

5. Ultraschallsender nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallschwinger (5) auf seiner untersten Serien-Resonanzfrequenz betrieben wird.

6. Ultraschallsender nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendestufe unterhalb einer entsprechenden Resonanzfrequenz des Ultraschallschwingers schwingt.

7. Ultraschallsender nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendestufe (23) logisch mit einem Testeingang (9) verschaltet ist, um den Ultraschallsender zu Testzwecken gezielt zu aktivieren bzw. zu deaktivieren.

8. Ultraschallsender nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Testeingang (9) mit einem Und-Gatter (10) mit dem Eingang der Kippschaltung (1) verschaltet ist.

9. Ultraschallsender nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallschwinger (5) ein Piezo-Element ist.

10. Ultraschallsender nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kippschaltung (1) ein Schmitt-Trigger ist.

11. Luftblasendetektor mit einem Ultraschallsender (20) nach einem der Ansprüche 1-10, mit einem Ultraschallempfänger (21) und mit einem zwischen Ultraschallsender (20) und Ultraschallempfänger (21) eingebrachten Schlauch (11).

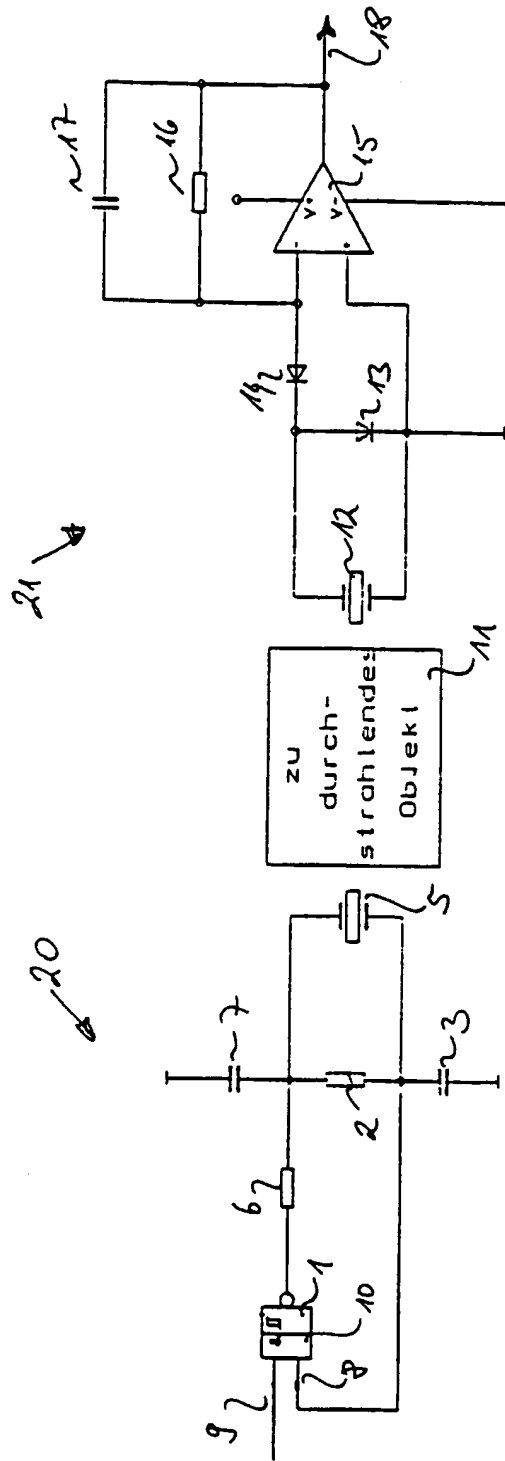


Fig. 1

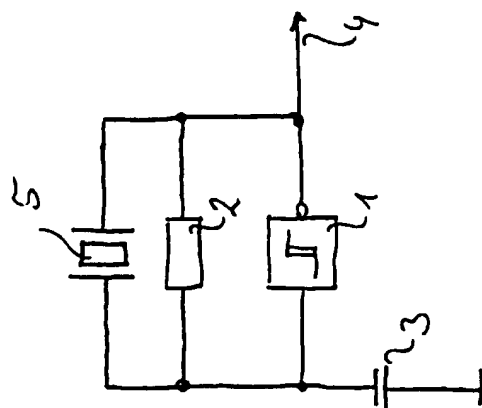


Fig. 3

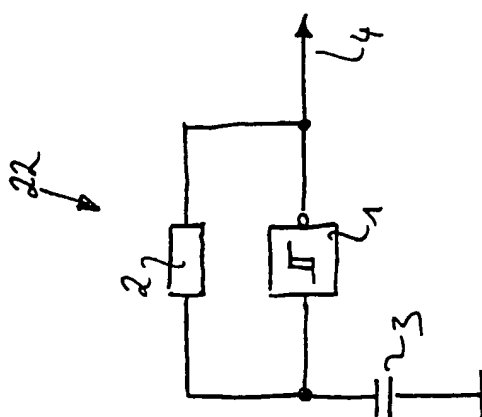


Fig. 2

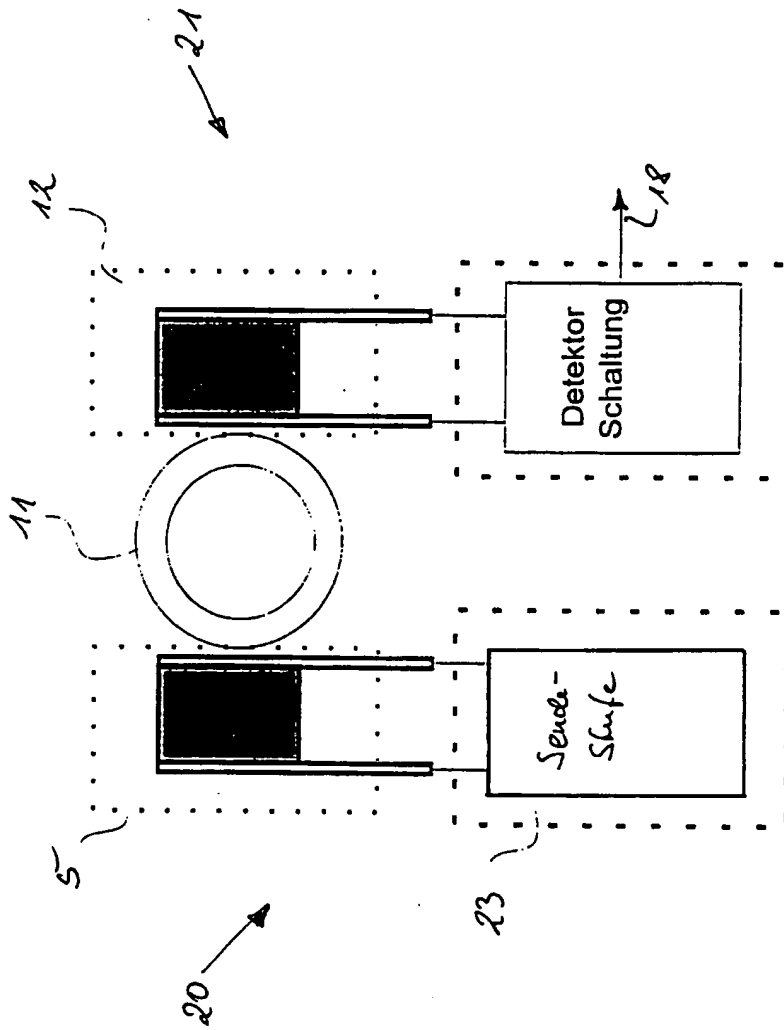


Fig. 4